

## A RELEVÂNCIA DO ENSINO DE LINGUAGENS DE BAIXO NÍVEL NA FORMAÇÃO EM SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

## THE RELEVANCE OF LOW-LEVEL LANGUAGE TEACHING IN INFORMATION SECURITY EDUCATION

Arthur Milani Pedro

FATEC Araraquara

[arthur.pedro@fatec.sp.gov.br](mailto:arthur.pedro@fatec.sp.gov.br)

Adrian Augusto Moreira Esperandio

FATEC Araraquara

[adrianesperandio4@gmail.com](mailto:adrianesperandio4@gmail.com)

Wdson de Oliveira

FATEC Araraquara

[wdson.oliveira@unar.edu.br](mailto:wdson.oliveira@unar.edu.br)

### Resumo

O presente artigo investiga a relevância do ensino de linguagens de baixo nível no contexto de cursos de Segurança da Informação no ensino superior. Essas linguagens são essenciais para uma compreensão aprofundada de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais, que, por sua vez, são fundamentais para a formação em Tecnologia da Informação. O domínio desses conhecimentos permite que os alunos entendam o funcionamento interno dos computadores e dos sistemas operacionais, o que facilita a identificação de vulnerabilidades e o desenvolvimento de estratégias de defesa contra-ataques cibernéticos. A pesquisa foi realizada por meio de um questionário online, cujos dados foram analisados e transformados em gráficos. Os resultados revelam que, embora a maioria dos estudantes possua conhecimento limitado sobre linguagens de baixo nível, 63% consideram-nas importantes ou muito importantes para a formação em Segurança da Informação. Além disso, 85% dos participantes acreditam que o currículo deveria incluir uma disciplina específica.

**Palavras-chave:** Linguagens de baixo nível, Segurança da Informação, Ensino.

### *Abstract*

*The present article investigates the relevance of teaching low-level languages in Information Security courses in higher education. These languages are essential for a deep understanding of Computer Architecture and Operating Systems, which are fundamental components in Information Technology education. Mastery of these concepts allows students to understand the internal workings of computers and operating systems, facilitating the identification of vulnerabilities and the development of defense strategies against cyberattacks. The research was conducted through an online questionnaire, with data analyzed and presented in graphs. Results show that, although most students have limited knowledge of low-level languages, 63% consider them important or very important for Information Security education. Furthermore, 85% of participants believe that the curriculum should include a specific course on this topic.*

*Keywords: Low-level languages, Information Security, Teaching.*

## **1. Introdução**

Em um mundo cada vez mais globalizado, onde os dados se consolidam como os ativos mais valiosos de uma empresa, a demanda por profissionais especializados em Segurança da Informação (SI) cresce significativamente. Essa necessidade gerou discussão sobre os conhecimentos essenciais para uma compreensão aprofundada da SI e para seu desenvolvimento eficaz. Considerando que a maioria dos dados é armazenada digitalmente, torna-se necessário que os profissionais entendam o funcionamento da Arquitetura de Computadores e dos Sistemas Operacionais.

Um ponto central para essa compreensão são as linguagens de programação de baixo nível, que permitem uma interação direta com esses sistemas. O aprendizado dessas linguagens é, portanto, de importância fundamental para a construção de uma base. Partindo desta discussão, este trabalho traz o seguinte questionamento: como o ensino de linguagens de baixo nível pode melhorar a compreensão e habilidades de alunos de SI?

O presente artigo, conforme a problemática exposta, busca observar as relações das linguagens de programação de baixo nível com disciplinas comuns nas graduações de SI, como Sistemas Operacionais e Arquitetura de Computadores, já que tais matérias desenvolvem uma interface entre questões de hardware e software por meio da interação do usuário com o SO.

Este trabalho tem como objetivo analisar de que forma o ensino de linguagens de baixo nível contribui para a formação de profissionais de Segurança da Informação (SI), com base na

opinião dos pesquisados sobre sua importância no curso, além de identificar as oportunidades e desafios do tema. A pesquisa se justifica pela influência do conhecimento dessas linguagens na compreensão de temas como arquitetura de sistemas operacionais, interação entre hardware e software, e perícia forense em TI.

Ao fundamentar a inclusão das linguagens de baixo nível nos currículos de SI, este estudo pode embasar a melhoria de projetos pedagógicos existentes e orientar a criação de novas grades curriculares.

## **2. Referencial Teórico**

O objetivo deste capítulo é descrever os conceitos fundamentais abordados no artigo em questão.

Algumas referências utilizadas nesse artigo são antigas, mas contribuem muito para a fundamentação teórica, evolução do conhecimento e validação dos argumentos aqui apresentados. Esses estudos foram a base para o desenvolvimento do tema.

### **2.1. Linguagens de Baixo Nível: Conceitos e Características**

As linguagens de baixo nível, são as linguagens de programação compreendidas por humanos que estão mais próximas do hardware, tendo abaixo delas apenas o código de máquina (DUNNE, 2018).

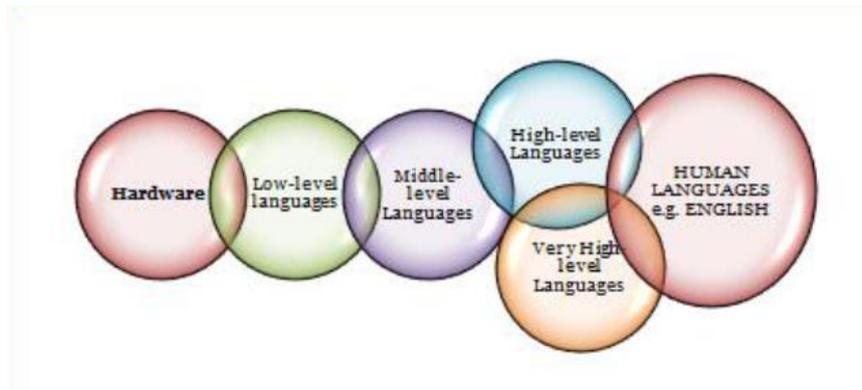
Linguagens de baixo nível, como a linguagem de máquina e assembly, aproximam-se do funcionamento direto dos computadores, pois têm mínima ou nenhuma abstração em relação ao hardware. A expressão "baixo nível" indica justamente essa proximidade com o código de máquina, sendo que tais linguagens não exigem compiladores ou tradutores. Isso garante que programas escritos nelas rodem com rapidez e ocupem pouca memória.

A linguagem de máquina é o exemplo mais fundamental e foi a primeira a ser desenvolvida. Composta de sequências binárias (séries de 0s e 1s), ela é diretamente compreendida pelo computador, pois representa os sinais de corrente alta e baixa que o hardware reconhece.

Um nível acima, as linguagens assembly oferecem algum grau de abstração em relação à máquina. No lugar dos códigos binários, utilizam-se mnemônicos alfanuméricos — símbolos de

até cinco letras que representam operações e locais de memória. Isso torna a linguagem assembly mais legível e conhecida como uma "linguagem simbólica" (KAHANWAL, 2013).

Figura 1 – Comparação linguagens de alto nível, baixo nível e código de máquina.



Fonte: Kahanwal (2013) [12]

## 2.2. A Persistente Relevância das Linguagens de Baixo Nível na Formação Acadêmica de Profissionais em TI

Com o aumento da complexidade dos softwares, o mercado de trabalho demanda cada vez mais linguagens de alto nível, reduzindo o foco nas linguagens assembly. Essa mudança é refletida nos currículos, que estão incluindo temas como engenharia de software, programação orientada a objetos e segurança, enquanto diminuem o espaço dedicado à programação em assembly. Contudo, as linguagens assembly seguem relevantes na formação em ciência e engenharia da computação, pois fornecem a base para entender a arquitetura de computadores e fundamentam muitos conceitos abstratos.

A cibersegurança abrange um amplo campo de disciplinas e, à medida que o panorama das ameaças cibernéticas muda, há uma necessidade de ferramentas, técnicas e habilidades para fornecer um ambiente seguro e protegido na internet. A indústria do ciberespaço introduziu novos papéis para profissionais de engenharia reversa, analistas de malware, especialistas em forense digital, etc., que exigem um novo conjunto de habilidades, e, nesse contexto, a proficiência em programação em linguagem assembly é altamente essencial (SALLEH, 2023).

O aprendizado de assembly é visto como essencial para entender temas como representação de dados, organização de computadores, construção de compiladores, e compensações entre espaço/tempo e hardware/software. Embora a meta não seja tornar os alunos

especialistas, o ensino de assembly em disciplinas introdutórias ajuda a facilitar o aprendizado de conceitos abstratos nas fases mais avançadas dos cursos.

No Utah Valley State College (UVSC), por exemplo, os estudantes cursam disciplinas introdutórias de assembly e arquitetura de computadores após a formação inicial em C++ orientado a objetos. O curso visa usar a linguagem assembly para solidificar o entendimento da arquitetura de computadores, preparando os alunos para disciplinas avançadas. O currículo utiliza o Turbo Assembler da Borland e os livros “Computer Organization and Architecture”, de William Stallings, e “Mastering Turbo Assembler”, de Tom Swans. A estrutura do curso integra os fundamentos da linguagem assembly com tópicos de arquitetura de computadores, começando com sistemas numéricos e aritmética, seguido de conceitos fundamentais de assembly (SANATI-MEHRIZY, MINAIE, 2003).

As linguagens assembly são usadas atualmente para várias aplicações como, por exemplo, engenharia reversa e perícia forense em TI (SALLEH, 2023).

### **2.3. Metodologias para o Ensino de Linguagens de Baixo Nível**

Para que o ensino de linguagens de baixo nível seja mais eficiente, em vez de apenas dominar uma linguagem assembly específica é importante adotar uma abordagem baseada em princípios de funcionamento de tais linguagens, pois assim os alunos podem compreender a arquitetura do hardware bem como linguagens de alto nível são traduzidas para linguagem de máquina e executadas (LI, 2010).

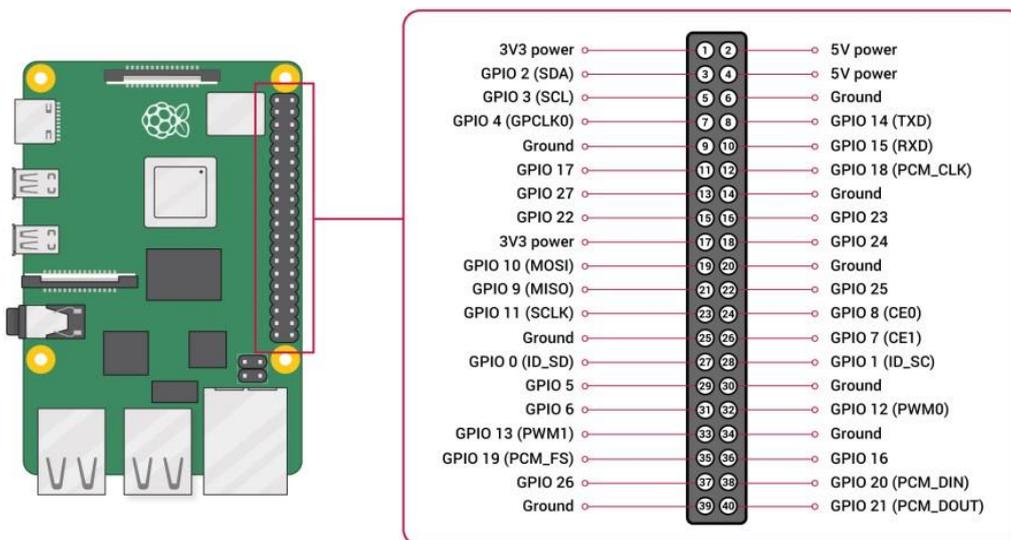
Através de exercícios práticos, os alunos aprendem a escrever programas em linguagens de baixo nível e analisar os resultados obtidos, podendo assim aprender a usá-las para escrever algoritmos de descoberta de vulnerabilidades de softwares em sistemas embarcados e aplicar tais algoritmos em problemas reais (LI, 2010).

Outra opção de ensino para que os alunos se familiarizem com as linguagens de baixo nível é propor experimentos/atividades de programação orientadas a software. Os alunos podem ser introduzidos às linguagens assembly através de operações aritméticas básicas, como adição e subtração, até programas modulares. Posteriormente, podem ser desafiados a criar um programa x86 em assembly para implementar a multiplicação, uma operação aritmética mais complexa (LIU, 2009).

Por mais que o aprendizado de linguagens de baixo nível possa ser considerado algo difícil, diversas didáticas podem ser utilizadas para facilitar essa jornada (MCGRATH, 2021). Por exemplo, utilizar o Raspberry Pi possibilita que os alunos sejam expostos a uma arquitetura moderna, no caso, o processador ARM2 (similar aos que são encontrados em dispositivos móveis atuais), e tenham um contato maior com o hardware que estão trabalhando por meio da General Purpose Input/Output (GPIO), interface do Raspberry, o que traz o aprendizado para mais perto dos discentes, ao contrário de utilizar um IDE onde a interação com o hardware não é tão visível (KAWASH, et al., 2016).

Na Figura 2 pode-se ver uma representação gráfica da GPIO do Raspeberry Pi. Esse tipo de abordagem ajuda os discentes de SI a compreender as interações do hardware e do software, já que os ataques nem sempre são realizados por meio de software (CHANTZIS et al., 2021). Da mesma forma, os alunos também podem aprender muitos conceitos como escalabilidade, broadcast, comunicação ponto-a-ponto, desempenho, sobrecarga de comunicação, speedup (comparação de velocidade entre dois algoritmos), entre outros (PAN, 2002).

Figura 2 – General Purpose Input/Output Interface do Raspberry Pi.



Fonte: Raspberry Pi (2021) [9]

#### **2.4. A Importância do Conhecimento em Linguagens de Baixo Nível para a Formação de Profissionais em Segurança da Informação**

As linguagens de baixo nível são de fundamental importância para os cursos de TI, pois auxiliam na compreensão do funcionamento dos SOs e criam uma base sólida para o aprendizado de linguagens de alto nível (SPRUNT, 2005.). Além disso, o ensino orientado para aplicações pode ajudar os alunos a compreender melhor o significado prático da linguagem assembly e a aprimorar sua capacidade de aplicá-la em cenários do mundo real (LI, 2010).

A maior parte do processo de descoberta de bugs envolve interpretar e compreender linguagens de baixo nível. Explorar falhas de segurança requer um bom conhecimento de linguagens assembly, já que a compreensão da maior parte dos exploits requerem a interpretação ou modificação de código existente nessas linguagens (ANLEY, et al., 2007).

As direções de pesquisa em vulnerabilidades incluem "programação em linguagem assembly", "princípios e prevenção de vírus", "tecnologia de engenharia reversa", "princípios de vulnerabilidade e mineração" e outros cursos. Esses cursos são visionários e práticos, e já tiveram cooperação com diversas empresas nacionais, estando prontos para serem promovidos a outras universidades (WU, et al., 2021).

Além disso o aprendizado de linguagens de baixo nível tem como uma de suas principais vantagens auxiliar o aprendizado dos estudantes em relação a arquitetura de computadores devido a sua proximidade do hardware (SANDERS, 1984).

### **3. Materiais e Métodos**

Para um embasamento teórico sólido foi realizada uma revisão bibliográfica de artigos relacionados aos temas estudados, abordando questões como diferentes didáticas para o ensino de linguagens de baixo nível, as relações entre linguagens de baixo nível e a área de Segurança da Informação (SI) e a demanda de profissionais capacitados nessas linguagens.

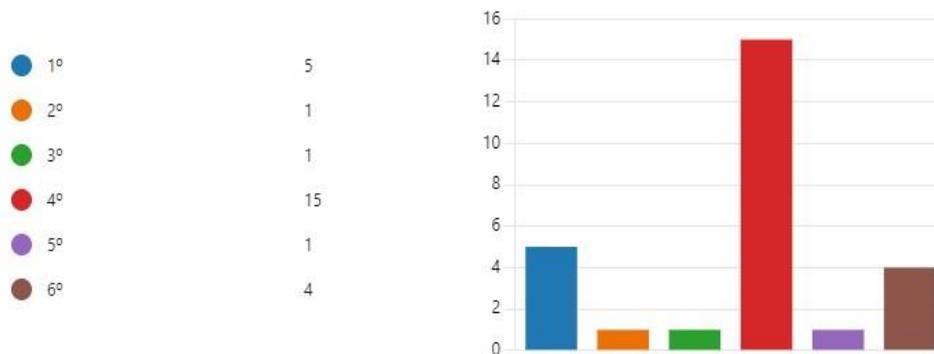
Com o intuito de compreender o cenário atual do ensino de linguagens de programação nos cursos de graduação em SI, e o quão satisfeitos os alunos de ditos cursos estão com o conteúdo a eles apresentados, foi realizada com os alunos de uma faculdade pública do estado de São Paulo uma pesquisa exploratória quantitativa a partir de um formulário do Microsoft Forms.

Na análise metodológica realizada, a amostra composta por 27 estudantes forneceu insights valiosos sobre a percepção a respeito do ensino de linguagens de baixo nível na formação em Segurança da Informação. Contudo, é importante destacar que o tamanho da amostra limita a representatividade e a generalização dos resultados. Os dados refletem as opiniões de um grupo específico, dos alunos e suas experiências prévias com linguagens de programação.

Dado o formulário, obteve-se os seguintes resultados apresentados nas figuras e analisados no decorrer da metodologia.

A Figura 3, gerada a partir da pergunta “Qual semestre você está cursando?”, apresenta um gráfico contendo o resultado da primeira pergunta do formulário.

Figura 3 – Em qual semestre você está?



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para melhor compreender o nível de conhecimento em TI dos discentes, levando em consideração a etapa em que eles estão no curso, elaborou-se tal questão.

A Figura 4 demonstra um gráfico contendo os resultados da segunda pergunta do formulário.

Figura 4 – Você trabalha com TI?



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para conhecer a população estudada em relação à sua área de atuação profissional e assim melhor estimar sua proximidade com TI, considerando sua experiência de trabalho, foi aferido o número de pessoas que atuavam na área de TI.

A Figura 5 mostra os resultados obtidos com as respostas da terceira pergunta do formulário sobre a faixa etária dos discentes.

Figura 5 – Qual sua faixa etária?

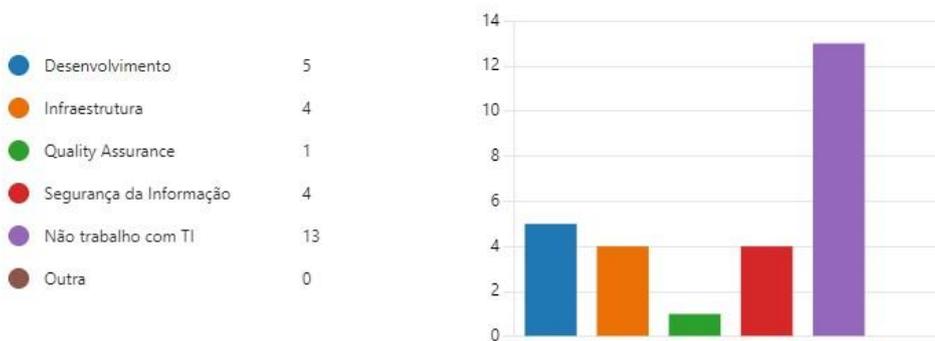


Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Desenvolveu-se tal pergunta com a intenção de melhor compreender a população estudada em relação à sua idade, de forma a poder estimar os tipos de tecnologia a qual elas foram expostas. Por exemplo, pessoas mais velhas têm uma tendência maior de conhecer linguagens de mais baixo nível, visto que este tipo de linguagem era usado em maior escala no passado.

Na Figura 6 tem-se a representação gráfica das respostas dadas à quarta questão do formulário.

Figura 6 – Em qual das grandes áreas de TI você atua?

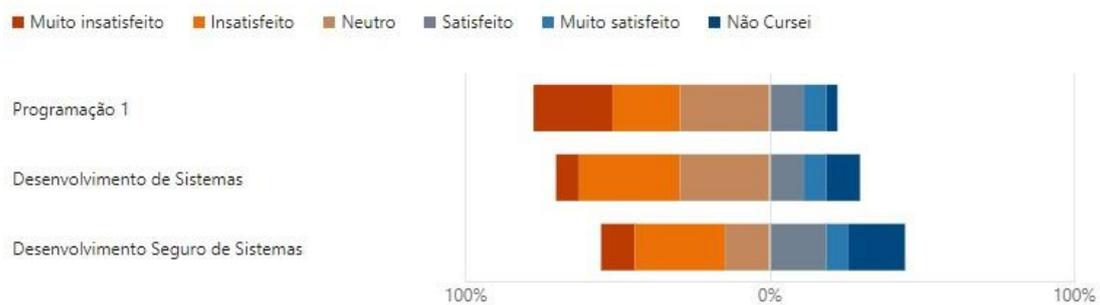


Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com a intenção de compreender a área de atuação da população estudada, a fim de melhor estimar os tipos de tecnologia com que elas trabalham, foi desenvolvida a quarta questão. Embora a maior parte das respostas tenham sido de pessoas que não trabalham com TI, grande parte das pessoas que atuam na área trabalha com desenvolvimento. Sendo assim, devem ter conhecimento sobre a importância e as especificidades das linguagens de baixo nível de uma forma geral.

Com a Figura 7 tem-se o gráfico de resultados obtidos com a quinta questão do formulário utilizado na pesquisa.

Figura 7 – Como você avaliaria, sua experiência com as matérias relacionadas a área da programação?



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Pergunta elaborada com a intenção de compreender o quão satisfeitos com as matérias relacionadas a programação os discentes estão. Grande parte dos alunos, 48,1%, disse estar muito insatisfeito ou insatisfeito com as matérias de programação, enquanto apenas 18,5% disseram estar satisfeito ou muito satisfeito.

Em relação à matéria de Desenvolvimento de Sistemas 40,8% dos alunos disse estar muito insatisfeito ou insatisfeito e apenas 18,5% disse estar muito satisfeito ou satisfeito. Quando perguntados sobre a matéria de Desenvolvimento Seguro de Sistemas 40,7% dos alunos disse estar muito insatisfeito ou insatisfeito e 25,9% disse estar muito satisfeito ou satisfeito.

Dessa forma, torna-se possível compreender o cenário do ensino de linguagens de programação em relação a população estudada e o quão contentes os discentes estão com o conteúdo a eles ministrado.

O gráfico apresentado na Figura 8 representa o resultado da sexta pergunta do formulário enviado aos discentes.

Figura 8 – Quais linguagens de programação você utilizou nas matérias relacionadas a programação? Caso necessário selecione mais de uma.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Com a finalidade de conhecer as linguagens de programação lecionadas aos discentes no curso de SI e para saber o quanto lhes foi ensinado sobre linguagens de baixo nível, foi perguntado quais linguagens de programação foram utilizadas na graduação até então. A maior parte delas, 76%, são de alto nível, considerando que a linguagem C é de mais baixo nível devido à sua maior proximidade com o hardware.

A Figura 9 representa as respostas coletadas com a sétima pergunta do formulário.

Figura 9 – Você está familiarizado com as linguagens assembly (linguagens de baixo nível)? Se sim as conheceu em aula ou estudando sozinho?



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

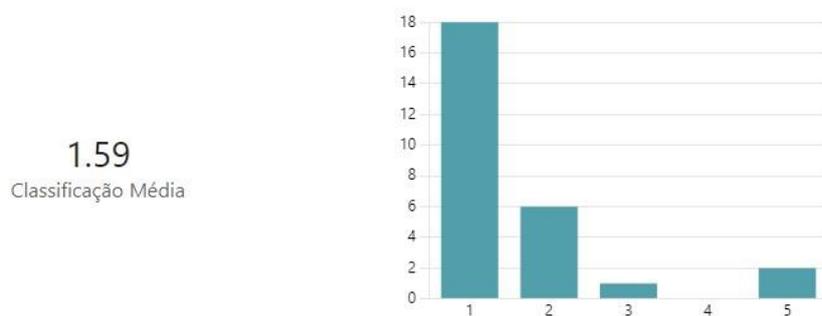
Para descobrir quantas pessoas conhecem sobre linguagens assembly e como as mesmas conheceram o tema foi feita a pergunta “Você está familiarizado com as linguagens assembly (linguagens de baixo nível)? Se sim as conheceu em aula ou estudando sozinho?”.

A maior parte da população, 81%, disse não estar familiarizada com o tema, 7% disseram estar familiarizado e ter conhecido em aula e 12% disse estar familiarizado e ter conhecido

estudando sozinho. Considerando que uma parte dos alunos foi introduzida às linguagens assembly em aula, pode-se especular que em algumas abordagens das matérias do curso de SI os professores realizam interdisciplinaridade com linguagens de baixo nível.

A Figura 10 apresenta, em forma de um gráfico de barras com classificação média, os resultados obtidos a partir das respostas coletadas da oitava pergunta do formulário.

Figura 10 – Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito pouco e 5 muito, o quanto você conhece sobre linguagens assembly (linguagens de baixo nível)?



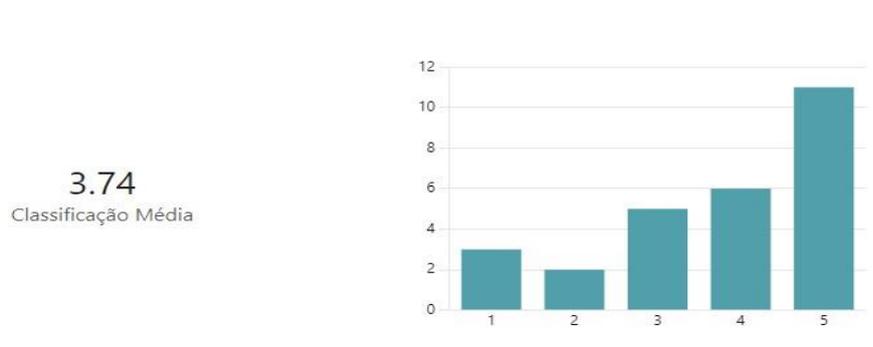
Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para descobrir o quanto a população estudada conhece sobre linguagens assembly fez-se a pergunta “Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito pouco e 5 muito, o quanto você conhece sobre linguagens assembly (linguagens de baixo nível)?”.

A maior parte, 89%, disse ter muito pouco ou pouco conhecimento sobre o tema e 7% disseram ter muito conhecimento sobre linguagens de baixo nível. Este gráfico demonstra o quão pouco difundido é o conhecimento desse tipo de linguagem de programação nos dias atuais entre os estudantes de SI, enquanto no passado as linguagens de baixo nível eram mais utilizadas.

A Figura 11 apresenta o resultado da oitava pergunta representado graficamente por um gráfico de barras com classificação média das respostas.

Figura 11 – Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito pouco e 5 muito, o quão importante você considera as linguagens assembly (linguagens de baixo nível), na formação de um profissional de SI?



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Pergunta elaborada para examinar o quão importante os discentes consideram as linguagens assembly para o curso de SI. Com uma classificação média de 3,74, notou-se que uma boa parcela da população, 63%, reconhece a importância das linguagens assembly para o curso. Dessa forma, pode se concluir que mais da metade os estudantes reconhecem a relevância das linguagens de baixo nível para o seu curso.

O gráfico de setores presente na Figura 12 representa os resultados obtidos com a décima pergunta do questionário.

Figura 12 – Você considera que uma matéria sobre linguagens assembly (linguagens de baixo nível) seria importante para o curso de SI?



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Pergunta elaborada com a intenção de descobrir qual seria o nível de aceitação das linguagens de baixo nível como uma nova matéria no curso de SI. A proposta de uma nova disciplina sobre linguagens de baixo nível foi muito bem aceita, tendo 85% de aceitação. Esse resultado somado ao gráfico que representa a pergunta sobre o nível de importância de tais linguagens para SI, torna notável que a proposta desse artigo foi bem aceita pelos discentes.

#### 4. Resultados e Discussões

No presente estudo investigou-se o cenário atual do ensino de programação em cursos de nível superior de SI e a satisfação dos alunos com tal cenário. Além disso, também foi investigada a opinião dos mesmos em relação à profundidade do conhecimento que lhes foi passado sobre linguagens de baixo nível e o quão importante os discentes consideram esse tipo de linguagem de programação.

A amostra da pesquisa consistiu em 27 estudantes de um curso de SI de uma faculdade pública do estado de São Paulo, do 1º ao 6º semestre de estudo, com idades variando de 18 a 60 anos. O objeto de estudo foi um questionário com objetivo de obter uma métrica sobre a aceitação dos alunos em relação ao assunto abordado.

Primeiro, foram feitas perguntas sobre as disciplinas de programação e as linguagens utilizadas em cada uma delas, onde os participantes comprovaram que a maior parte das linguagens de programação lecionadas no curso são de alto nível, mais especificamente 76% do total.

Também foi aferido o conhecimento dos alunos sobre linguagens de baixo nível e sua importância para a área de SI, onde 67% dos participantes responderam ter pouco conhecimento e 7% responderam ter muito conhecimento. Mesmo que a maior parte dos alunos tenha pouco conhecimento, uma boa parte deles, 63%, consideram que o ensino dessas linguagens é de alta relevância para o curso de SI.

As principais perguntas do questionário eram sobre o quão importante os alunos consideravam o ensino de linguagens de baixo nível na graduação em SI, e se os mesmos gostariam de ter esse tipo de conteúdo na grade de seu curso. De acordo com as respostas, 63% dos alunos consideram o ensino de linguagens de baixo nível muito importante para o ensino de SI, e 85% deles responderam que gostariam de ter uma matéria de linguagens de baixo nível na grade curricular.

Quando foi feita a pergunta sobre o quão importante os discentes consideravam aprender alguma linguagem assembly 63% das pessoas responderam considerar o aprendizado desse tipo de linguagem como importante.

Esses resultados evidenciam o reconhecimento da importância das linguagens de baixo nível para a SI. Além disso, demonstram o quanto os próprios discentes gostariam de ter esse tipo de conhecimento lecionado durante sua graduação em SI, de forma que a inclusão desse conteúdo no curso em questão deve ser considerada.

## 5. Considerações Finais

A finalidade do trabalho está na compreensão do cenário atual do ensino de programação nos cursos de SI, principalmente da presença e relevância das linguagens de baixo nível no mesmo. Parte-se de uma análise da bibliografia disponível e de uma pesquisa exploratória quantitativa feita por meio de um questionário enviado para alunos de uma instituição de ensino superior público de Araraquara.

Para entender a maneira como as linguagens de baixo nível são vistas no contexto do ensino de SI foram definidos os seguintes objetivos: compreender o quanto as pessoas consideram esse tipo de linguagem importante, aferir o nível de conhecimento das pessoas sobre as linguagens de baixo nível e definir a importância desta como uma ferramenta para atingir maior eficiência no ensino de SI.

Com isso, a hipótese deste trabalho de que há grande importância no ensino de linguagens de baixo nível no ensino de SI foi comprovada, baseando-se nas respostas do formulário, onde 63% dos alunos consideraram que o ensino de linguagens de baixo nível é muito importante ou importante e 85% considerou que uma matéria específica desse tipo de linguagem deveria ser adicionada à grade do curso.

Os meios de coleta de dados utilizados possibilitaram que fosse criado um panorama geral do conhecimento das pessoas sobre os pontos debatidos. Dessa forma, torna-se viável o desenvolvimento de projetos de implantação sobre o tema, levando em consideração o que precisa ser trabalhado para que o ensino de linguagens de baixo nível torne-se cada vez mais comum nos cursos de SI.

Essa popularização se justifica devido à relevância desse tipo de linguagem de programação para o curso, como foi evidenciado neste artigo tanto pela revisão bibliográfica, que aponta os benefícios interdisciplinares e estudos de casos reais que podem ser desenvolvidos com o ensino de linguagens de baixo nível, como pela interdisciplinaridade com as matérias de

Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais, evidenciado pelas respostas dadas ao questionário, onde mais da metade dos discentes, 63%, reconheceu a importância das linguagens de baixo nível e 85% foram a favor da inclusão de uma matéria sobre o tema na grade do curso.

Em pesquisas futuras pode-se buscar determinar as linguagens de baixo nível que tem maior relevância para o curso de SI, além de quais são as melhores metodologias para o ensino de tal tema, baseando-se nos dados apresentados na corrente pesquisa sobre o conhecimento geral dos alunos em relação ao assunto.

### Referências

- [1] ANLEY, C.; HEASMAN, J.; LINDER, F.; RICHARTE, G.; **The Shellcoder's Handbook Discovering and Exploiting Security Holes**. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc, 2007.
- [2] BROWN, D. J.; REAMS, C. **Toward energy-efficient computing**. Communications of the ACM, v. 53, n. 3, p. 50-58, 2010.
- [3] CHANTZIS, F.; STAIS, I.; CALDERON, P.; DEIRMENTZOGLOU, E.; WOODS, B.; **Practical IoT Hacking The Definitive Guide to Attacking the Internet of Things**. San Francisco: No Starch Press, 2021.
- [4] DUNNE, ROBERT; **Windows 64-bit Assembly Language Programming Quick Start: Intel X86-64, SSE, AVX**. Estados Unidos da América: Gaul Communications, 2018.
- [5] KAWASH, J.; KUIPERS, A.; MANZARA, L.; COLLIER, R. **Undergraduate assembly language instruction sweetened with the raspberry pi**. In: Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education, 2016, p. 498-503.
- [6] LI, L. Xiao-dong. **Discussion on the Role of Assembly Language Course in Information Security Training**. In: National Teaching Seminar on Cryptography and Information Security (2010NTS-CIS), 2010, p. 343-345.
- [7] McGRATH, Mike. **Assembly x64 in Easy Steps: Modern Coding for MASM, SSE & AVX**, 3rd Edition. 3. ed. Estados Unidos da América: In Easy Steps Limited, 2021.
- [8] MOHD SALLEH, K. A. **New demand on assembly language proficiency in performing binary reverse engineering tasks**. International Journal on Perceptive and

Cognitive Computing, v. 9, n. 2, p. 8-13, 2023.

[9] **Raspberry Pi hardware: GPIO and the 40-pin Header**. Raspberry Pi, 2021. Disponível em: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/raspberry-pi.html#gpio-and-the-40-pinheader>. Acesso em: 02 nov. 2023.

[10] SANDERS, WILLIAM. **Assembly Language for Kids: Commodore 64**. Estados Unidos da América: Slawson Communications, 1984.

[11] SPRUNT, B. **The Pedagogical Advantages of Using the Pong Video Game for Problem Based Learning in an Introductory Assembly-Language Programming Course**. Computers In Education Journal, v. 15, n. 4, p. 9, 2005.

[12] KAHANWAL, Brijender. **Abstraction Level Taxonomy of Programming Language Frameworks**. International Journal Of Programming Languages And Applications, Ambala, IN, v. 3, n. 4, p. 1-12, 04 out. 2013. Tradução do inglês pelos autores. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1311.3293>. Acesso em: 18 jul. 2024.

[13] SANATI-MEHRIZY, Reza; MINAIE, Afsaneh. **A New Role Of Assembly Language In Computer Engineering/Science Curriculum**. 2003 Annual Conference Proceedings, [S.L.], p. 8.86.1-8.86.9, 22 jun. 2003. ASEE Conferences. <http://dx.doi.org/10.18260/1-2--11839>. Disponível em: <https://peer.asee.org/a-new-role-of-assembly-language-in-computer-engineering-science-curriculum.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2024.

[14] LIU, Yanfei. **Development of Low-Level Digital I/O Experiments Involving a High-Level Programming Language**. Computers In Education Journal. Fort Wayne, In, p. 77-86. mar. 2009. Disponível em: <https://coed.asee.org/wp-content/uploads/2020/08/8-Development-of-Low-Level-Digital-I-O-Experiments-Involving-a-High-Level-Programming-Language.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2024.

[15] SALLEH, Khairol Amin Bin Mohd. **New demand on assembly language proficiency in performing binary reverse engineering tasks**. International Journal On Perceptive And Cognitive Computing. Kuala Lumpur, MY, p. 8-13. jul. 2023. Disponível em: <https://journals.iium.edu.my/kict/index.php/IJPCC/article/view/397/236>. Acesso em: 14 nov. 2024.

[16] WU, Chunwang et al. Construction and Practice of Cultivation System for Innovative

Talents in Cyberspace Security. **Proceedings Of The 6Th Annual International Conference On Social Science And Contemporary Humanity Development (SSCHD 2020)**, [S.L.], v. 517, p. 417-420, jan. 2021. Atlantis Press. <http://dx.doi.org/10.2991/assehr.k.210121.087>. Disponível em: <https://www.atlantispress.com/proceedings/sschd-20/125951731>. Acesso em: 14 nov. 2024.